

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-224026

(43)Date of publication of application : 26.08.1997

(51)Int.Cl.

H04L 12/28  
H04L 12/56

(21)Application number : 08-027126

(71)Applicant : FUJITSU LTD  
BELL COMMUN RES INC

(22)Date of filing : 14.02.1996

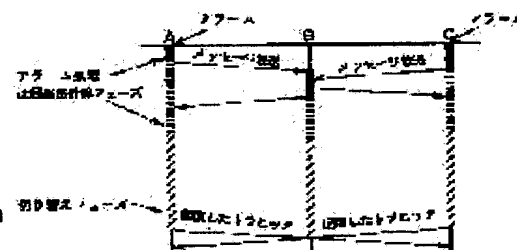
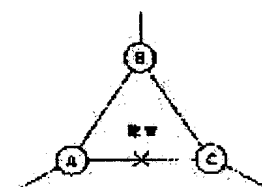
(72)Inventor : AZUMA MITSUHIRO  
JAIM KOBLINSKI  
SON HOO UU

## (54) COMMUNICATION NODE, FAULT RECOVERY METHOD AND COMMUNICATION NETWORK

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To attain high-speed fault recovery with a little recovery messages by performing the fault recovery while using a topology table concerning an entire network.

**SOLUTION:** After fault report messages are sent out, nodes A and C start an alternative route calculation phase. A node B receives the fault messages from the nodes A and C, records these messages, broadcasts a fault report message later and starts an alternative route calculation phase. In the alternative route calculation phase to be performed at the respective nodes A-C, an alternative route is calculated while using topology information, which is common for the respective communication nodes, specified by physical topology tables or logical topology tables preserved in the respective nodes. Since the alternative route is calculated at the respective communication nodes receiving the information concerning the fault while using this information, physical topology information and logical topology information, the high-speed fault recovery is possible with a little recovery messages.



### LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

09.05.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平 9-224026

(43) 公開日 平成9年(1997)8月26日

(51) Int. Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 4 L	12/28	9466-5 K	H 0 4 L 11/20	G
	12/56	9466-5 K		1 0 2 D

審査請求 未請求 請求項の数 13 O L

(全 15 頁)

(21) 出願番号 特願平8-27126

(22) 出願日 平成8年(1996)2月14日

(71) 出願人 000005223

富士通株式会社

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号

(71) 出願人 596024312

ベル コミュニケーションズ リサーチ,  
インコーポレイテッド

Bell Communications  
Research, Inc.

アメリカ合衆国, ニュージャージー州, 0  
7960, モリスタウン, サウス ストリート  
445番地

(74) 代理人 弁理士 伊東 忠彦

最終頁に続く

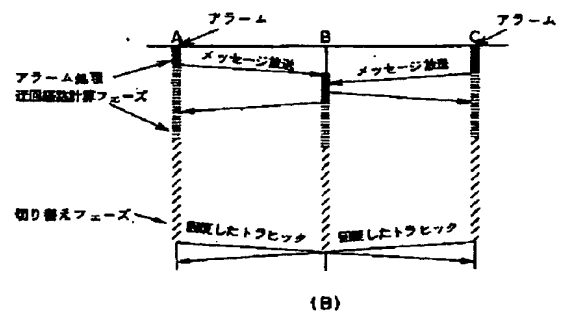
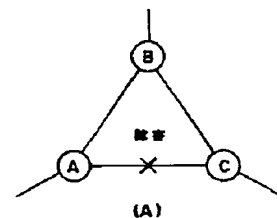
(54) 【発明の名称】 通信ノード及び障害復旧方法並びに通信ネットワーク

(57) 【要約】

【課題】 簡単な処理で高速に障害復旧できる通信ノード及び障害復旧方法並びに通信ネットワークを提供することを目的とする。

【解決手段】 ネットワーク内の各通信ノードが、そのネットワークに含まれる通信路の物理的構成に関する物理トポロジー情報と、通信パスの接続状態を示す論理トポロジー情報とを有する通信ネットワークにおいて、ネットワーク内の障害発生時に、その障害に関する情報をネットワーク内に伝送させる第1のステップと、上記障害に関する情報を受信した各通信ノードにおいて受信した障害に関する情報と前記物理トポロジー情報及び論理トポロジー情報とを用いて、障害を回避するための迂回経路を求める第2のステップと、該第2のステップで求めた迂回経路に切り替える第3のステップとを有する。

本発明の障害復旧アルゴリズムを説明するための図



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】ネットワーク内の各通信ノードが、そのネットワークに含まれる通信路の物理的構成に関する物理トポロジー情報と、通信パスの接続状態を示す論理トポロジー情報とを有する通信ネットワークにおいて、ネットワーク内の障害発生時に、その障害に関する情報をネットワーク内に伝送させる第1のステップと、上記障害に関する情報を受信した各通信ノードにおいて受信した障害に関する情報と前記物理トポロジー情報及び論理トポロジー情報とを用いて、障害を回避するための迂回経路を求める第2のステップと、該第2のステップで求めた迂回経路に切り替える第3のステップとを有することを特徴とする障害復旧方法。

【請求項2】前記第2のステップで迂回経路を求める際、所定の保護期間内に別の障害に関する情報が受信された場合には、第2のステップを初期化して、上記別の障害に関する情報を考慮して再度第2のステップを行い最新の迂回経路を求める第4のステップを有することを特徴とする請求項1記載の障害復旧方法。

【請求項3】各通信ノード間で所定のタイミングで前記物理トポロジー情報と論理トポロジー情報に関するデータを授受し、常に各通信ノードが同一の物理トポロジー情報及び同一の論理トポロジー情報を有するようにする第5のステップを有することを特徴とする請求項1記載の障害復旧方法。

【請求項4】各通信ノードで典型的な障害に対する復旧経路を事前に求めて記憶しておく第6のステップを有し、典型的な障害が発生した場合には前記第2のステップを実行することなく、前記第3のステップで事前に求めてある復旧経路に切り替えることを特徴とする請求項1記載の障害復旧方法。

【請求項5】前記ネットワークは仮想バスに基づく非同期転送網であり、前記第6のステップで求めた迂回経路として容量ゼロの復旧用仮想通信バスを設定しておくことを特徴とする請求項4記載の障害復旧方法。

【請求項6】各通信ノードで受信した障害に関する情報を参照して障害の種別を特定する第7のステップとを有し、前記第2のステップは、該第7のステップで特定した障害の種別に応じた復旧経路選択方式を用いることを特徴とする請求項1記載の障害復旧方法。

【請求項7】ネットワークに含まれる通信路の物理的構成に関する物理トポロジー情報と、通信パスの接続状態を示す論理トポロジー情報とを有する通信ノードにおいて、ネットワーク内の障害発生時に、その障害に関する情報をネットワーク内に伝送させる第1の手段と、上記障害に関する情報を受信した各通信ノードにおいて受信した障害に関する情報と前記物理トポロジー情報及び論理トポロジー情報とを用いて、障害を回避するため

の迂回経路を求める第2の手段と、

該第2の手段で求めた迂回経路に切り替える第3の手段とを有することを特徴とする通信ノード。

【請求項8】前記第2の手段で迂回経路を求める際、所定の保護期間内に別の障害に関する情報が受信された場合には、第2の手段の処理を初期化して、上記別の障害に関する情報を考慮して再度第2の手段の処理を行い最新の迂回経路を求める第4の手段を有することを特徴とする請求項7記載の通信ノード。

10 【請求項9】各通信ノード間で所定のタイミングで前記物理トポロジー情報と論理トポロジー情報に関するデータを授受し、常に各通信ノードが同一の物理トポロジー情報及び同一の論理トポロジー情報を有するようにする第5の手段を有することを特徴とする請求項7記載の通信ノード。

【請求項10】典型的な障害に対する復旧経路を事前に求めて記憶しておく第6の手段を有し、典型的な障害が発生した場合には前記第2の手段の処理を実行することなく、前記第3の手段で事前に求めてある復旧経路に切り替えることを特徴とする請求項7記載の通信ノード。

20 【請求項11】前記ネットワークは仮想バスに基づく非同期転送網であり、前記第6の手段で求めた迂回経路として容量ゼロの復旧用仮想通信バスを設定しておくことを特徴とする請求項10記載の通信ノード。

【請求項12】受信した障害に関する情報を参照して障害の種別を特定する第7の手段を有し、前記第2の手段は、該第7の手段で特定した障害の種別に応じた復旧経路選択方式を用いることを特徴とする請求項7記載の通信ノード。

30 【請求項13】ネットワークに含まれる通信路の物理的構成に関する物理トポロジー情報と、通信パスの接続状態を示す論理トポロジー情報とを有する通信ノードを含む通信ネットワークにおいて、各通信ノードは、ネットワーク内の障害発生時に、その障害に関する情報をネットワーク内に伝送させる第1の手段と、上記障害に関する情報を受信した各通信ノードにおいて受信した障害に関する情報と前記物理トポロジー情報及び論理トポロジー情報とを用いて、障害を回避するための迂回経路を求める第2の手段と、

40 該第2の手段で求めた迂回経路に切り替える第3の手段とを有することを特徴とする通信ネットワーク。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明はクロスコネクタ装置を通信ノードとしてもつネットワークに関し、より特定すれば、メッシュ型ネットワークにおける通信路の自動障害復旧方式に関する。

【0002】近年、音声や画像などのデータを高速に伝送して種々のサービスを提供するためのネットワークとして、STM (Synchronous Transf

erMode) ネットワークやATM (Asynchronous Transfer Mode) ネットワークが実用化されている。このようなネットワークの一例としては、クロスコネクタ装置を有する通信ノードと通信リンクをメッシュ状に配置したいわゆるメッシュ型ネットワークがある。

【0003】このようなネットワークでは、障害が発生してもユーザに対するサービスを継続できるように構成することが必要である。このために、ネットワーク中に障害が発生した場合には、これを自動的に検出して障害を回避する通信経路（ルート）を確立しなければならない。このための手順を規定するアルゴリズムとして、通信路の自動障害復旧方式が必要となる。

#### 【0004】

【従来の技術】従来提案されているメッシュ型ネットワークの自動障害復旧方式は、プリプラン障害復旧方式と動的障害復旧方式とに大別できる。プリプラン障害復旧方式では、復旧経路を予め各クロスコネクタ装置に保存しておき、障害発生時にその経路表に従って迂回経路を設定するため、高速の障害復旧が実現可能である。復旧経路情報は予め集中管理局（オペレーションシステム）が計算して、各通信ノードに分配保管させている。

【0005】また、動的障害復旧方式では、各通信ノードは経路情報に関する表を持たない。障害が発生すると、障害発生地点に隣接する通信ノードが障害メッセージを何度か交換することで、迂回経路を探索する。

#### 【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記従来技術には次の問題点がある。プリプラン障害復旧方式では、集中管理局から各ノードへ迂回経路情報を配付するので、この手続きが手間となる。また、迂回経路情報の計算中、又は配付中に新たに障害（2次障害）が発生した場合には、新たに計算を仕直して各ノードへ迂回経路情報を配付する必要があるため、障害復旧処理が複雑になる。更に、迂回経路情報を各通信ノードがメモリ情報として管理しなければならないため、対応できる障害シナリオが制限されるという問題点もある。

【0007】一方、動的障害復旧方式では、通信ノード間で障害メッセージを受信して迂回経路を探索するため、プリプラン障害復旧方式に比べ、迅速な障害復旧は一般的には望めない。従って、本発明は上記従来技術の問題点を解決し、簡単な処理で高速に障害復旧できる通信ノード及び障害復旧方法並びに通信ネットワークを提供することを目的とする。

#### 【0008】

【課題を解決するための手段】請求項1に記載の発明は、ネットワーク内の各通信ノードが、そのネットワークに含まれる通信路の物理的構成に関する物理トポロジー情報と、通信パスの接続状態を示す論理トポロジー情報とを有する通信ネットワークにおいて、ネットワーク

内の障害発生時に、その障害に関する情報をネットワーク内に伝送させる第1のステップと、上記障害に関する情報を受信した各通信ノードにおいて受信した障害に関する情報と前記物理トポロジー情報及び論理トポロジー情報とを用いて、障害を回避するための迂回経路を求める第2のステップと、該第2のステップで求めた迂回経路に切り替える第3のステップとを有する障害復旧方法である。

【0009】請求項2に記載の発明は請求項1において、前記第2のステップで迂回経路を求める際、所定の保護期間内に別の障害に関する情報が受信された場合には、第2のステップを初期化して、上記別の障害に関する情報を考慮して再度第2のステップを行い最新の迂回経路を求める第4のステップを有する。

【0010】請求項3に記載の発明は請求項1において、各通信ノード間で所定のタイミングで前記物理トポロジー情報と論理トポロジー情報に関するデータを授受し、常に各通信ノードが同一の物理トポロジー情報及び同一の論理トポロジー情報を有するようにする第5のステップを有する。

【0011】請求項4に記載の発明は請求項1において、各通信ノードで典型的な障害に対する復旧経路を事前に求めて記憶しておく第6のステップを有し、典型的な障害が発生した場合には前記第2のステップを実行することなく、前記第3のステップで事前に求めてある復旧経路に切り替える。

【0012】請求項5に記載の発明は請求項4において、前記ネットワークは仮想パスに基づく非同期転送網であり、前記第6のステップで求めた迂回経路として容量ゼロの復旧用仮想通信パスを設定しておく。請求項6に記載の発明は請求項1において、各通信ノードで受信した障害に関する情報を参照して障害の種別を特定する第7のステップとを有し、前記第2のステップは、該第7のステップで特定した障害の種別に応じた復旧経路選択方式を設定する。

【0013】請求項7に記載の発明は、ネットワークに含まれる通信路の物理的構成に関する物理トポロジー情報と、通信パスの接続状態を示す論理トポロジー情報とを有する通信ノードにおいて、ネットワーク内の障害発生時に、その障害に関する情報をネットワーク内に伝送させる第1の手段と、上記障害に関する情報を受信した各通信ノードにおいて受信した障害に関する情報と前記物理トポロジー情報及び論理トポロジー情報とを用いて、障害を回避するための迂回経路を求める第2の手段と、該第2の手段で求めた迂回経路に切り替える第3の手段とを有する通信ノードである。

【0014】請求項8に記載の発明は請求項7において、前記第2の手段で迂回経路を求める際、所定の保護期間内に別の障害に関する情報が受信された場合には、第2の手段の処理を初期化して、上記別の障害に関する

情報を考慮して再度第2の手段の処理を行い最新の迂回経路を求める第4の手段を有することを特徴とする。

【0015】請求項9に記載の発明は請求項7において、各通信ノード間で所定のタイミングで前記物理トポロジー情報と論理トポロジー情報に関するデータを授受し、常に各通信ノードが同一の物理トポロジー情報及び同一の論理トポロジー情報を有するようにする第5の手段を有する。

【0016】請求項10に記載の発明は請求項7において、典型的な障害に対する復旧経路を事前に求めて記憶しておく第6の手段を有し、典型的な障害が発生した場合には前記第2の手段の処理を実行することなく、前記第3の手段で事前に求めてある復旧経路に切り替える。

【0017】請求項11に記載の発明は請求項10において、前記ネットワークは仮想パスに基づく非同期転送網であり、前記第6の手段で求めた迂回経路として容量ゼロの復旧用仮想通信パスを設定しておく。請求項12に記載の発明は請求項7において、受信した障害に関する情報を参照して障害の種別を特定する第7の手段を有し、前記第2の手段は、該第7の手段で特定した障害の種別に応じた復旧経路選択方式を設定する。

【0018】請求項13に記載の発明は、ネットワークに含まれる通信路の物理的構成に関する物理トポロジー情報と、通信パスの接続状態を示す論理トポロジー情報とを有する通信ノードを含む通信ネットワークにおいて、各通信ノードは、ネットワーク内の障害発生時に、その障害に関する情報をネットワーク内に伝送させる第1の手段と、上記障害に関する情報を受信した各通信ノードにおいて受信した障害に関する情報と前記物理トポロジー情報及び論理トポロジー情報とを用いて、障害を回避するための迂回経路を求める第2の手段と、該第2の手段で求めた迂回経路に切り替える第3の手段とを有することを特徴とする通信ネットワーク。

【0019】請求項1、7及び13に記載の発明では、ネットワーク全体に関するトポロジー表を用いた障害復旧を行うことにより、復旧を行うための制御情報として、障害に関する情報（メッセージ）のみを通信すればよいため、従来の動的復旧方式に比べ、少ない復旧メッセージで高速の障害復旧が可能となる。

【0020】請求項2及び8に記載の発明では、障害に関する情報の受け付け制御を行うことで、障害に関する情報の過渡状態での切り替え処理を防ぎ、最新のネットワークトポロジーを使って障害復旧を行うことができる。請求項3及び9に記載の発明では、トポロジー構成管理の自動更新を行うことで、ネットワーク内の各通信ノードは障害時の切り替え処理を行うために必要なネットワーク全体の最新のトポロジー情報を持つことができる。

【0021】請求項4及び10に記載の発明では、単一リンク障害や単一ノード障害等の典型的な障害シナリオ

については、迂回経路の計算処理を各通信ノードで予め実行しておくことで、高速な障害復旧が可能である。請求項5及び11に記載の発明では、障害発生時にこれにかかわるパスから復旧用仮想通信パスに切り換えるだけでよく、高速な障害復旧が可能になる。

【0022】請求項6及び12に記載の発明では、最適な復旧経路選択方式で効率よく復旧できる。

【0023】

【発明の実施の形態】まず、本発明の障害復旧処理の基本アルゴリズムは次のとおりである。ネットワーク内の各通信ノードがそのネットワーク全体に接続されている通信リンクの物理的な構成に関する物理トポロジー情報と、通信リンク中に形成される通信パスの接続状態を示す論理トポロジー情報とを有し、通信リンクや通信ノードの障害発生時にその障害箇所を知らせるために隣接するノードから発せられたメッセージをネットワーク内の各通信ノードが受信する。この受信したメッセージを使って、各通信ノードは独立に迂回経路の計算を行い、各通信ノードは通信パスを復旧するために、計算した迂回経路に切り替えることによって、高速な障害復旧を簡単な手続きで実現する。即ち、上記障害復旧の基本アルゴリズムは、障害通知フェーズ（Broadcast Phase）、迂回経路計算フェーズ（Computation Phase）、及び切り替えフェーズ（Cross-Connection Phase）とからなる。

【0024】まず、物理トポロジーと論理トポロジーについて、図1を参照して説明する。図1（A）は、ある通信ネットワークとその物理トポロジー情報を示す。図示する通信ネットワークは3つのノード1～3と、これらを結合する3つの通信リンクL1、L2、L3を有する。物理トポロジー情報は、通信リンクL1～L3の物理的な構成、即ち各通信リンク上で構成される現用チャネル（W）と予備チャネル（S）の数を表す。図1（A）中、「L1（6、5）」とは、通信リンクL1は6つの現用チャネルと5つの予備チャネルを有することを表している。各通信ノード1～3はこの物理トポロジー情報を図示するようなテーブル形式で記憶する。各通信ノードは常に同一内容の物理トポロジー情報を保持している。

【0025】図1（B）は、図1（A）に示す通信ネットワークにおける論理トポロジー情報を示す。論理トポロジー情報は、各通信ノード間の通信パスの接続状態（ルーティング情報）を示す。例えば、論理トポロジー情報は、ノード1からノード3を介してノード2につながるパス及びそのパスにおける復旧すべきチャネル数（容量）を示す。各通信ノードは、各パスに関する論理トポロジー情報を図示するテーブル形式で記憶する。

【0026】次に、障害通知フェーズについて説明する。ネットワーク内のあるリンクや通信ノードに障害が発生すると、その障害に隣接したノードが障害を検出す

る。例えば、米国の標準化伝送網であるSONET網では、障害の下流側の通信ノードは、L-AIS (Line-Alarm Indication Signal)、LOF (Loss of Frame) 又はLOS (Loss of Signal) を受信する。障害の上流側の通信ノードはFERF (Far End Receive Failure) を受信することにより、障害は発生したことを認識する。このように、障害を検出した通信ノードは、ネットワーク内のすべての通信ノードに、その障害を知らせるために、障害通知メッセージを作成し、これを放送する。次に、迂回経路計算フェーズについて説明する。障害通知メッセージを受信した通信ノードは、各ノード内に保存している物理トポロジー表や論理トポロジー表に規定されている各通信ノードで共通のトポロジー情報を使って迂回経路の計算を行う。この場合、各通信ノードでは、共通のトポロジー情報と共通の経路探索アルゴリズムを用いることによって、同一の迂回経路探索結果が得られる。迂回経路の計算アルゴリズムは、ダイクストラなどの公知のアルゴリズムを用いることができる。

【0027】次に、切り替えフェーズ (Cross-Connection Phase) について説明する。迂回経路の計算処理を終了した各通信ノードは計算結果に従って、障害の発生した通信パスから迂回経路に切り替える処理を行う。この場合、ある通信ノードは計算結果によっては切り替えを行わない場合がある。多くの動的障害復旧方式は最終の復旧フェーズで各通信ノードが同期を取りながら切り替え処理を行うが、本アルゴリズムでは各通信ノードは非同期に切り替え処理を行い、最終的に迂回経路上での通信が実現する。

【0028】図2はA、B、Cの3つのノードを有する通信ネットワーク及び、このネットワークにおいて、上記3つのフェーズを用いて障害復旧を行う場合のタイミングを示す。今、ノードAとノードBとの間にリンク障害が発生したものとする。この障害が発生したリンクの両端にあるノードAとCは、この障害を検出し、障害処理を行って、アラームメッセージ (障害通知メッセージ) を放送する。ここまでの処理は、前述の障害通知フェーズである。

【0029】ノードAとCは、障害通知メッセージを送出後、前述の迂回経路計算フェーズに入る。ノードBはノードAとCからの障害通知メッセージを受信し、これを記録した後、障害通知メッセージを放送する。その後、ノードBは迂回経路計算フェーズに入る。各ノードA〜Cで行われる迂回経路計算フェーズでは、各ノード内に保存している物理トポロジー表や論理トポロジー表に規定されている各通信ノードで共通のトポロジー情報を使って迂回経路の計算を行う。この場合、各通信ノードでは、共通のトポロジー情報と共通の経路探索アルゴリズムを用いることによって、同一の迂回経路探索結果

が得られる。

【0030】このようにして迂回経路探索結果が各ノードA〜Cで得られると、各ノードは切り替えフェーズに入る。得られた迂回経路探索結果に従い、各ノードA〜Cは非同期に迂回経路に切り替える。なお、図2にはこのようにして得られた迂回経路の図示を省略してある。

【0031】上記プロトコルにおいては、障害通知メッセージを受信した後迂回経路計算フェーズに入り、迂回経路探索結果が得られると直ちに切り替えフェーズに入る。しかしながら、障害が発生した場合、各ノードは複数の障害通知メッセージを受信する場合がある。受信した複数の障害通知メッセージが同一の障害に関するものであれば、障害通知メッセージから得られる計算結果は等しいので問題は生じない。例えば、図2 (A) のような場合には、ノードAとCが障害通知メッセージを発生するが、いずれを用いて迂回経路を計算しても得られる計算結果は同一である。ところが、2次障害が発生したような場合には、受信した複数の障害通知メッセージの内容は異なる。この場合、最初に受信した障害通知メッセージに基づいて得られた計算結果は、上記2次障害を反映していない。即ち、最新の迂回経路を示していない。

【0032】このような状態を回避するため、障害の発生箇所を示す障害復旧メッセージが到着次第、それまでに各通信ノードで行っていた迂回経路に関する計算処理を初期化して、それまでに当該通信ノードに到着した障害通知メッセージ情報も使って、再度迂回経路の計算を行う。これにより、常に最新の迂回経路を探索することができる。また、計算処理後に新しい障害通知メッセージが到着した場合を考慮して、最新の迂回経路の計算処理が終わってから、ある一定の保護期間を設け、この時間が経過後に切り替えフェーズに移行する。

【0033】図3は、上記処理を示すタイミング図である。図3 (A) に示すように、障害通知メッセージ#1受信後に迂回経路計算フェーズに入り、計算が終了しても、障害通知メッセージ#1の受信後保護期間が経過するまで、経路の切り替えを行わない。また、図3 (B) に示すように、障害通知メッセージ#1を受信した後迂回経路計算フェーズに入り、保護期間#1が始まる。この計算途中で別の障害通知メッセージ#2を受信した場合にはこの計算を中止する。そして、障害通知メッセージ#2を考慮して再度計算を仕直す。また、この計算の開始時点から新たな保護期間#2が始まる。そして、保護期間終了後、経路の切り替えフェーズに入る。

【0034】次に、各通信ノードが保持する物理トポロジー表及び論理トポロジー表の更新処理について説明する。前述したように、各通信ノードが保持する物理トポロジー表及び論理トポロジー表は常に同一内容でなければならない。また、2次障害が発生した場合にも迅速に対応できるようにする必要がある。物理トポロジーはシ

システムの変更や障害が発生した場合等に更新される。即ち、物理トポロジーを更新する頻度は高くない。これに対し、論理トポロジーの更新頻度は、物理トポロジーのそれに比べ高い。例えば、ユーザの要求に従ってパス設定を変更する場合には常に更新する必要がある。このような物理及び論理トポロジーを各通信ノードが自律分散的に更新処理を行う。また、集中管理局（OS）からの強制的な切り替え指示があった場合にも、各通信ノードが各トポロジー表を更新できるように、定期的にあるいはランダム時間後に各通信ノードが持っているネットワークに関する物理トポロジー表と論理トポロジー表を、ネットワーク内の全ノードに通知する。

【0035】図4はトポロジーの更新処理を示す。図4は一例として論理トポロジーの更新を示す。図4（A）において、通信ノードAからBを経由してCまでのパスが設定されているものとする。通信ノードBに代えてDを経由するパスを設定する場合、集中管理局は各通信ノードA～Dに制御メッセージを送信して、上記変更を通知する。この制御メッセージを受けた各通信ノードA～Dは、図4（B）に示すようにお互いに通信を行って、論理トポロジー表の更新を行う。この更新処理においては、集中管理局は何ら関与しない。物理トポロジー表の更新についても同様である。

【0036】このような更新処理において、各通信ノードA～Dが持っているトポロジー表を全てネットワーク内で通信して確認すると、通信すべき情報が非常に膨大になる。従って、始めに物理及び論理トポロジー表の各チェックサム（例えば、CRCチェックサム）のみを通信し、そのチェックサムの結果のみを各通信ノードA～Dで比較評価する。もしこの比較結果が他の通信ノードと異なっていれば、この通信ノードは他の通信ノードと同じトポロジー表を持つための通信を行う。

【0037】次に、迂回経路計算フェーズにおける処理の高速化について説明する。前述したように、迂回経路計算フェーズでは、公知の回路探索アルゴリズムを用いて迂回経路の計算処理を行う。各通信ノードは同一のアルゴリズムで、物理及び論理トポロジー表及び受信した障害通知メッセージを用いて迂回経路の計算処理を行う。

【0038】ここで、単一リンク障害や単一ノード障害等の典型的な障害シナリオについては、事前に（障害が発生する以前に）各通信ノードで所有している物理及び論理トポロジー表を使って、迂回経路の計算処理を各通信ノードが自律分散的に済ませ、各通信ノードの所定部分に記憶しておく。これにより、典型的な障害が発生した場合には、計算処理なしで復旧することが可能となる。この場合でも、前述した保護期間を設けることが好ましい。ただし、この場合の保護期間は事前計算処理を行わない場合よりも短くてよい。

【0039】次に、障害の状態に応じた復旧方式の選択

について説明する。迂回経路の選択は大きく分けて、障害端復旧方式（又はライン復旧方式）、パス端復旧方式及び2ホップ間復旧方式がある。従って、障害の状況に応じた最適な復旧方式を選択できるようにすることが好ましい。

【0040】図5（A）は障害端復旧方式及びパス端復旧方式を示し、図5（B）は2ホップ間復旧方式を示す。図5（A）において、通信ノード5と6の間に障害が発生した場合、障害端復旧方式では障害が発生したリンクの両端にある通信ノード5と6を迂回する経路（通信ノード6、2、3、5）が設定される。上記障害の場合、パス端復旧方式では障害が発生したリンクを含むパス、即ち通信ノード1、6、5、4を接続するパスに対し、迂回経路として通信ノード1、2、3、4を通るパスが設定される。図5（B）において、障害が×で示す通信ノード3に発生した場合、この両端にある通信ノード2と4の間に迂回経路を設定する場合とを2hop復旧方式と呼ぶ。

【0041】障害端復旧方式は高速な障害復旧が可能であるが、ノード障害には対応できない。またパス端復旧方式はノード障害にも対応可能であるが復旧時間が障害端復旧方式より一般的に長くなる。2ホップ間復旧方式はこれらの復旧方式の特徴を兼ね備えた方式であり、ノード障害にも対応できる高速な復旧方式である。しかし、連続した多重ノード障害には対応できない。これらの経路選択方式が発生した障害の種別に応じて使い分けることが可能となる。

【0042】図6は、上記障害復旧方式を実現する構成を有する通信ノードを示す。図示する通信ノードは音声や画像などのデータを伝送するネットワーク（STMやATM網など）と、前述した集中管理局からの制御メッセージや障害通知メッセージ等を伝送する管理メッセージ伝送路34とに接続される。

【0043】図6の通信ノードは、障害通知メッセージ検出部10、障害種別判断部12、復旧経路計算部14、復旧経路切り替え部16、復旧経路切り替え確認部18、トポロジー構成更新メッセージ検出部20、物理トポロジー構成管理部22、論理トポロジー構成管理部24及び復旧準備部26を具備する。また、復旧準備部26は、復旧経路自動計算部28及び復旧経路記憶部30及び／又は復旧VP（Virtual Path）設定部32を有する。

【0044】障害通知メッセージ検出部10は、管理メッセージ伝送路34を介して伝送される障害通知メッセージを検出し、障害種別判断部12にこれを送る。障害種別判断部12は、障害通知メッセージに含まれる情報及び物理及び論理トポロジー情報を参照して、発生した障害の場所や障害の種別、例えばノード障害であるのかリンク障害であるのか等の判断を行う。障害が発生した場合、複数の障害通知メッセージが隣接する通信ノード

から発せられる。例えば、リンク障害の場合、2つの通信ノードから障害通知メッセージが発せられ、ノード障害の場合、3つ以上の通信ノードから障害通知メッセージが発せられる場合がある。これらの複数のメッセージによって障害の発生箇所や障害の種類を判別することができる。勿論、単独の障害通知メッセージから上記障害に関する情報を得ることができる。この点は、それぞれのネットワークの構成に依存する。

【0045】復旧経路計算部14は、障害種別判断部12からの判断結果に基づき、物理及び論理トポロジー情報を参照して、復旧（迂回）経路の計算を行う。この計算は、例えばダイクストラ等のアルゴリズムを用いて行われる。計算された迂回経路情報に基づき、復旧経路切り替え部16が通信ノード内の切り替えスイッチSW（クロスコネクタ部）に切り替え指示を出し、実際の切り替えを行う。各通信ノードが切り替え処理を行った後に、復旧経路切り替え確認部18が正しく迂回経路が開通しているかどうかの確認処理を、各通信ノードが連携して行う。

【0046】トポロジー構成更新メッセージ検出部20は、集中管理局からの制御メッセージや各通信ノードで授受されるトポロジー情報更新用のトポロジー構成更新メッセージ（例えば、チェックサムを含むメッセージ）を検出する。物理トポロジー構成管理部22は、図1（A）に示すようなネットワーク全体に関する物理トポロジー表を記憶し管理する。論理トポロジー構成管理部24は、図1（B）に示すようなネットワーク全体に関する論理トポロジー表を記憶し管理する。復旧準備部36の復旧経路自動計算部28は、前述した単一リンク障害や単一ノード障害等の典型的な障害に対する迂回経路を、物理トポロジー表及び論理トポロジー表を参照して、事前に計算し、内部の記憶部に記憶しておく。全ての単一リンク障害や単一ノード障害に対する迂回経路を計算しておく必要はなく、復旧経路記憶部30や復旧VP設定部32の記憶容量等を考慮した分だけ事前に計算しておくこともできる。

【0047】障害種別判断部12で単一ノード又はリンク障害であることが検出されると、復旧経路自動計算部28を介して対応する復旧経路の計算結果を復旧経路記憶部30又は復VP設定部32から読み出し、復旧経路切り替え部16に出力する。ここで、ATM網では仮想（バーチャル）通信パスを用いて通信が行われる。上記事前の迂回経路の計算結果に基づいて、予め容量ゼロの復旧用仮想通信パスを設定しておく。障害発生が検出され障害通知メッセージが受信されると、すでに迂回仮想パスが設定されているため、切り替え対象である両端の通信ノードが運用通信パスから復旧通信パスに切り替えることで、迅速な障害復旧が実現できる。前述の復旧VP設定部32は、典型的な障害に対し、上記容量ゼロの復旧用仮想通信パスに関する計算結果を保持している。

【0048】なお、STM網ではタイムスロットを割り当て、通信パスの設定を行っているため、仮想的な復旧パスを設定することができない。このため、計算した迂回経路情報の記憶のみを復旧経路記憶部30で行い、実際に障害が発生した場合に、障害種別判断部12で判断した障害に応じた迂回経路を計算部28の制御の下に復旧経路記憶部30から読み出して、復旧経路切り替え部16に出力する。

【0049】なお、復旧経路自動計算部28で計算を行うタイミングは、例えば、障害復旧直後や、一定時間間隔で計算処理を行い、変化がある場合のみ、その計算結果を復旧経路記憶部30や復旧VP設定部32に反映させる。次に、図6に示す通信ノードの動作について、図7及び図8を参照して説明する。なお、図7は障害復旧処理のフローチャートであり、図8は障害復旧処理において特に迂回経路事前計算処理を行う処理のフローチャートである。

【0050】図7において、まずステップ（1）で光信号断等により、障害を検出したかどうかを判断する。障害を検出した場合は、隣接する他の通信ノードに対してアラームメッセージ（障害通知メッセージ）を送信するための処理（ステップ（3））へ進む。障害を検出していない場合は、新たにメッセージを受信したかどうかの判断（ステップ（2））に進む。ステップ（2）で、新たにメッセージを受信したかどうかの判断を行う。受信するメッセージの種類は2つに分類される。伝送路警報を知らせるアラームメッセージと、網障害とは直接関係のない、トポロジー更新メッセージである。受信したメッセージの種別を調べ、該当するメッセージ処理にメッセージ内容を受け渡す。アラームメッセージを受信した場合は、後述するアラームメッセージ処理に、トポロジー更新メッセージを受信した場合には、後述するトポロジー更新処理にそれぞれ進む。

【0051】ステップ（3）のアラームメッセージ送信において、障害を検出した場合や、隣接ノードからアラームメッセージを受信した場合、そのアラームメッセージの送信を続ける。このアラームメッセージは、障害を検出した通信リンクやアラームメッセージを受信したリンク以外の隣接リンクに対して送信する。また、同一ノードから、同一要因で送信されたと考えられるメッセージの送信は行わない。

【0052】ステップ（4）において、受信したアラーム情報と通信ノードに保存されている物理及び論理トポロジー情報から、発生した障害箇所の特定を行う。通信リンク障害の場合、リンクの両端の通信ノードから、アラーム情報が受信される。ノード障害の場合、障害が発生したノードに隣接する各通信ノードからアラームを受信することによって、障害箇所を特定する。

【0053】ステップ（5）において、保護タイマを開始する。迂回経路計算中に受信するかも知れない別のア



ラーム情報のためにタイマを起動する。設定するタイマは、迂回経路計算に要する時間の最大値より大きな値であり、ネットワーク内のどんな場所で障害が発生してもその障害を知らせるアラームメッセージがネットワーク内の隅々まで伝わるために十分な時間を保護タイマ時間として設定する。

【0054】ステップ(6)で迂回経路の計算を行う。受信したアラーム情報をもとに、ダイクストラのアルゴリズム等を用いて、迂回経路(通信パス)の計算を行う。この計算には、物理トポロジー表と論理トポロジー表を用いる。ステップ(7)で、迂回経路計算中に別のアラーム情報を受信したかどうかを判断する。新しいアラームを受信した場合は、障害箇所特定処理に戻る。新たにアラームを受信していない場合には、保護時間が経過したかどうかの判断(ステップ(8))に進む。

【0055】ステップ(8)で、保護タイマに設定した保護時間が経過したかどうかの判断を行う。終了していない場合には、アラーム受信判断に戻り、保護時間が終了した場合には、パス切り替え処理(ATMの場合には、VPI切り替え処理)に移る。

【0056】ステップ(9)で、迂回経路計算により得られた結果にしたがって、迂回パスの自ノードに関する切り替え処理を行う。そして、ステップ(10)で、切り替えを行った後に、迂回パスの確認を行う。ステップ(11)～(13)からなるトポロジー更新処理について説明する。ステップ(11)では、トポロジー更新メッセージを受信した場合に、隣接する他の通信ノードに対して、トポロジー更新メッセージの送信を継続する。ステップ(12)では、受信したトポロジー構成メッセージの内容を元に、物理トポロジー表の更新を行う。ステップ(13)では、受信したトポロジー更新メッセージの内容を元に、論理トポロジー表の更新を行う。

【0057】次に、図8を参照して迂回経路事前計算の場合の障害復旧処理フローチャートについて説明する。なお、図8において、図7に示すステップと同一のものには同一のステップ番号を付けている。図8におけるアラームメッセージ処理については、図7に示すステップ(6)の迂回経路計算処理がない。即ち、ステップ

(5)で保護タイマを開始してからステップ(7)の判断を行う。以下に説明するように、迂回経路を事前に計算してあるので、アラームメッセージ処理においては図7に示すような迂回経路計算処理を必要としない。

【0058】図8に示すトポロジー更新処理において、ステップ(11)～(13)は図7に示す対応のステップと同様である。ステップ(13)を実行後、ステップ(18)で迂回経路の計算を行う。即ち、受信したアラーム情報をもとに、通信パス障害やノード障害等の典型的な障害パターンについて、ダイクストラのアルゴリズム等を用いて、迂回経路(通信パス)の計算を行う。この計算では、物理トポロジー表と論理トポロジー表とを

参照する。

【0059】ステップ(14)で通信パスのタイプを特定する。障害復旧を行うべき通信パスのタイプを判断する。STM網の場合は、復旧経路パスパターン保存処理(ステップ(15))に移行し、ATM網の場合は迂回VPI設定処理に移行する(ステップ(16))。ステップ(15)では復旧経路パスパターンを保存する処理を行う。STM網の場合は、迂回経路計算によって得られたパス情報のうち、自分のノードに関するパスの情報(切り替えパターン)を保存する。ステップ(16)では迂回VPIの設定を行う。ATM網の場合は、迂回VPIを設定する。この場合、前述したように迂回VPの通信容量はゼロである。ステップ(17)でVPI設定した自ノードの迂回経路の確認を行う。

【0060】図9は、図6に示す構成をATMノードに適用した場合の構成を示す図である。図6に示す構成と図9に示す構成との対応関係を説明すると、図6に示す構成部分10から32(ただし、STM網に関する復旧経路記憶部30を除く)は、図9に示すCPU40に相当し、図6に示す管理メッセージ伝送路34は図9に示す内部LAN42に相当する。更に、図6に示すスイッチSWは図9に示すVPスイッチ44に相当する。VPスイッチ44はVPIテーブルの内容に従い、ATMセルのスイッチングを行う。VPIテーブル46は、図6に示す復旧VP設定部32が設定する容量ゼロの復旧用仮想パスを規定している。なお、図9中、MUXはマルチプレクサを示し、DMUXはデマルチプレクサを示している。

【0061】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば以下の効果が得られる。請求項1、7及び13に記載の発明によれば、ネットワーク全体に関するトポロジー表を用いた障害復旧を行うことにより、復旧を行うための制御情報として、障害に関する情報(メッセージ)のみを通信すればよい。従来、従来の動的復旧方式に比べ、少ない復旧メッセージで高速の障害復旧が可能となる。

【0062】請求項2及び8に記載の発明によれば、障害に関する情報の受け付け制御を行うことで、障害に関する情報の過渡状態での切り替え処理を防ぎ、最新のネットワークトポロジーを使って障害復旧を行うことができる。請求項3及び9に記載の発明によれば、トポロジー構成管理の自動更新を行うことで、ネットワーク内の各通信ノードは障害時の切り替え処理を行うために必要なネットワーク全体の最新のトポロジー情報を持つことができる。

【0063】請求項4及び10に記載の発明によれば、単一リンク障害や単一ノード障害等の典型的な障害シナリオについては、迂回経路の計算処理を各通信ノードで予め実行しておくことで、高速な障害復旧が可能である。請求項5及び11に記載の発明によれば、障害発生

時にこれにかかわるパスから復旧用仮想通信パスに切り換えるだけでよく、高速な障害復旧が可能になる。

【0064】請求項6及び12に記載の発明によれば、最適な復旧経路選択方式を用いることにより、復旧経路が効率よく設定できる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】物理トポロジー情報及び論理トポロジー情報を説明するための図である。

【図2】本発明の障害復旧アルゴリズムを説明するための図である。

【図3】本発明の障害復旧アルゴリズムで用いられる保護期間を説明するための図である。

【図4】トポロジー情報の更新処理を説明するための図である。

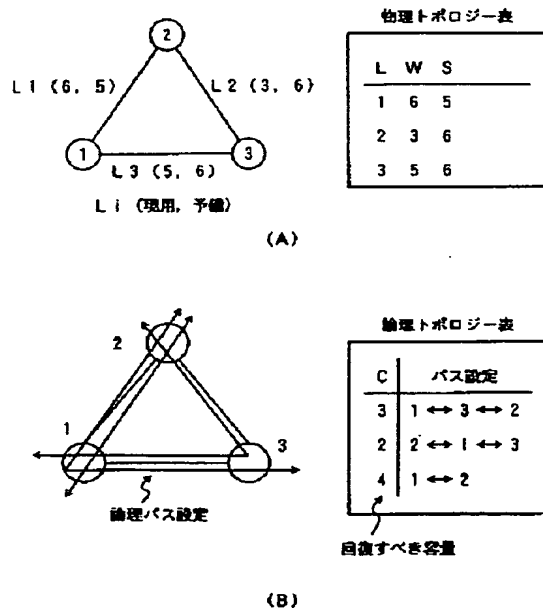
【図5】本発明の障害復旧アルゴリズムで実現できる迂回経路選択処理を説明するための図である。

【図6】本発明の一実施例による通信ノードの構成を示すブロック図である。

【図7】図6に示す通信ノードの動作を示すフローチャート（その1）である。

【図1】

物理トポロジー情報及び論理トポロジー情報を説明するための図



ート（その1）である。

【図8】図6に示す通信ノードの動作を示すフローチャート（その2）である。

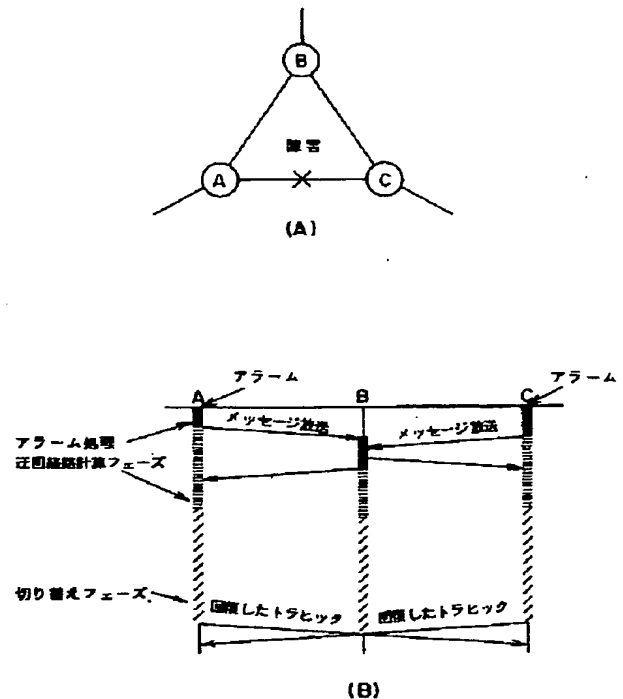
【図9】本発明を用いたATMノードの構成を示すブロック図である。

#### 【符号の説明】

- 10 障害通知（アラーム）メッセージ検出部
- 12 障害種別判断部
- 14 復旧経路計算部
- 16 復旧経路切り替え部
- 18 復旧経路切り替え確認部
- 20 トポロジー構成更新メッセージ検出部
- 22 物理トポロジー構成管理部
- 24 論理トポロジー構成管理部
- 26 復旧準備部
- 28 復旧経路自動計算部
- 30 復旧経路記憶部
- 32 復旧VP設定部

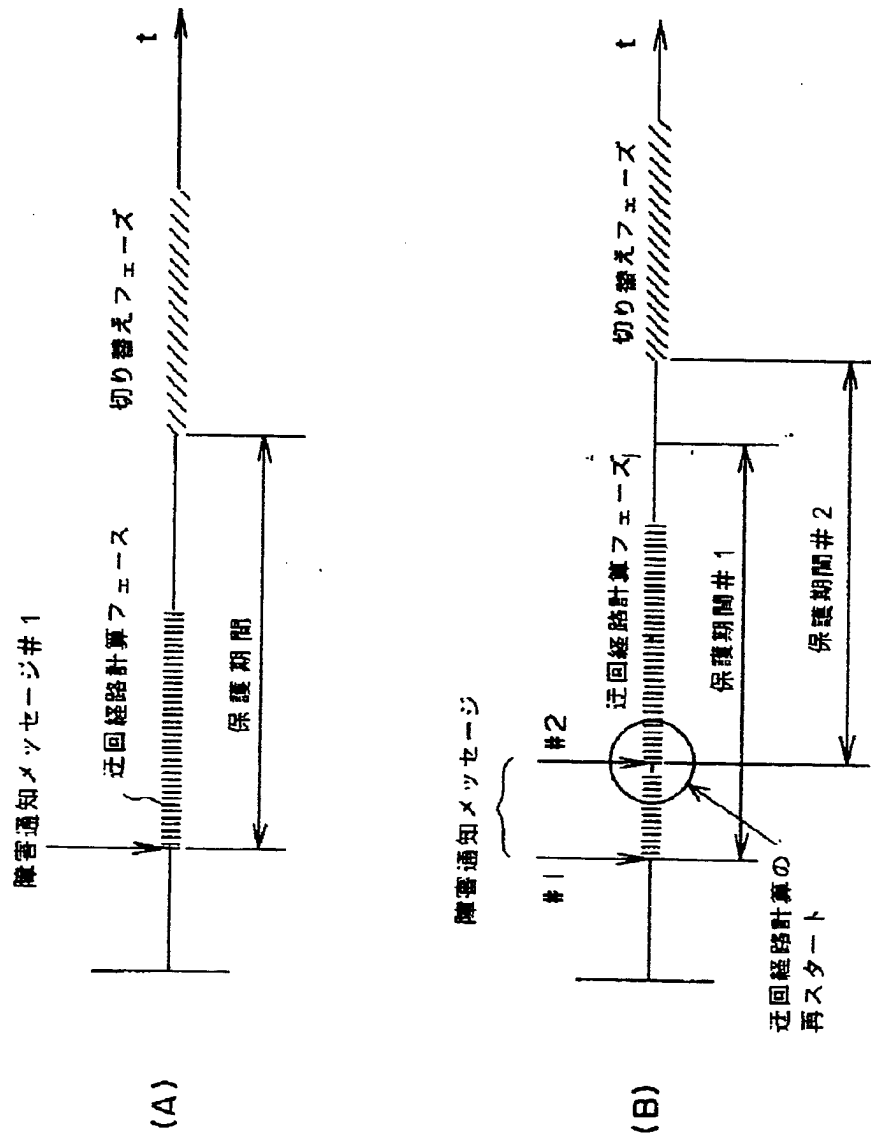
【図2】

本発明の障害復旧アルゴリズムを説明するための図



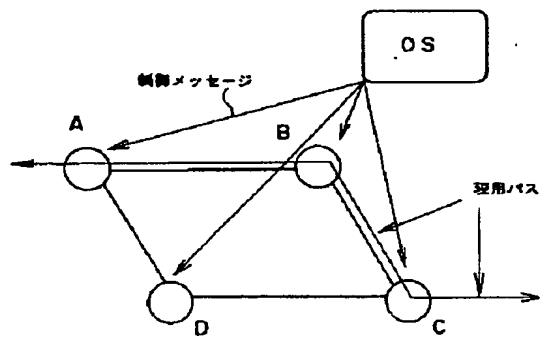
【図3】

本発明の障害復旧アルゴリズムで用いられる保護期間を説明するための図

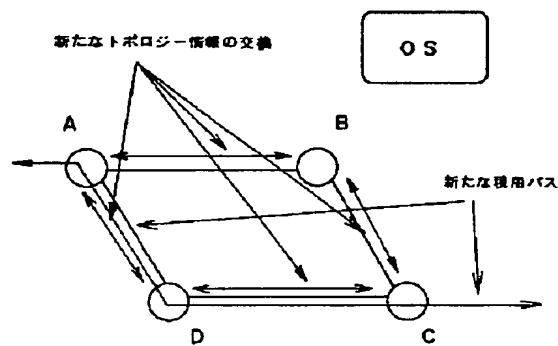


【図4】

トポロジー情報の更新処理を説明するための図



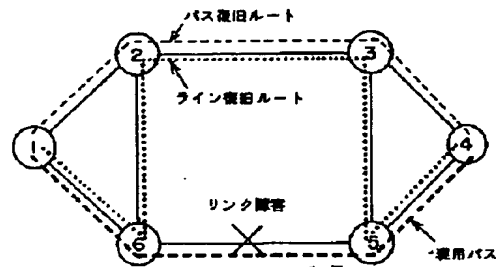
(A)



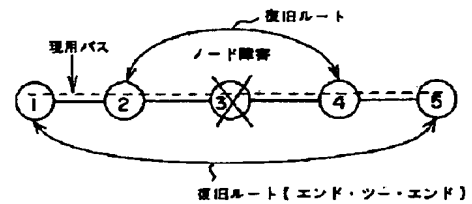
(B)

【図5】

本発明の障害復旧アルゴリズムで実現できる迂回経路選択処理を説明するための図



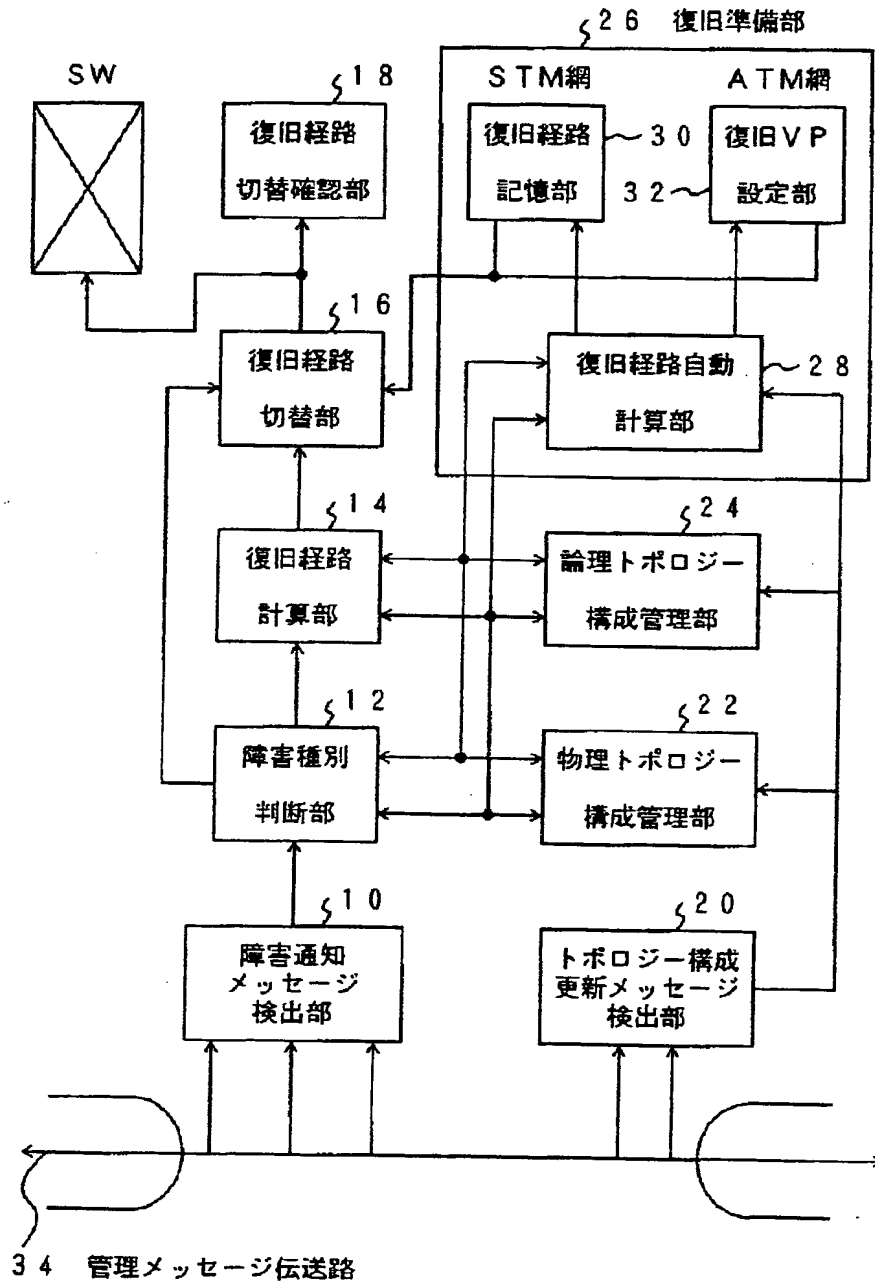
(A)



(B)

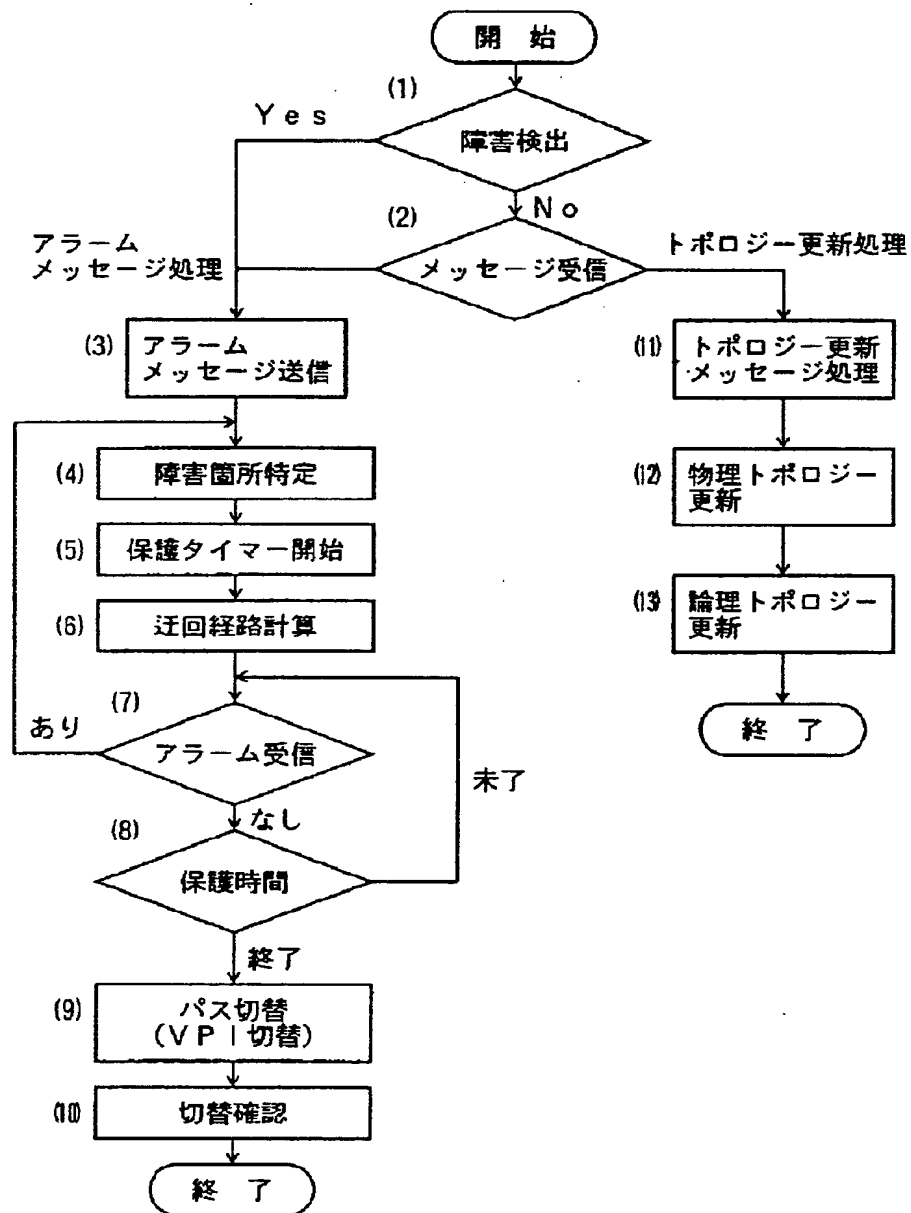
【図6】

本発明の一実施例による通信ノードの構成を示すブロック図



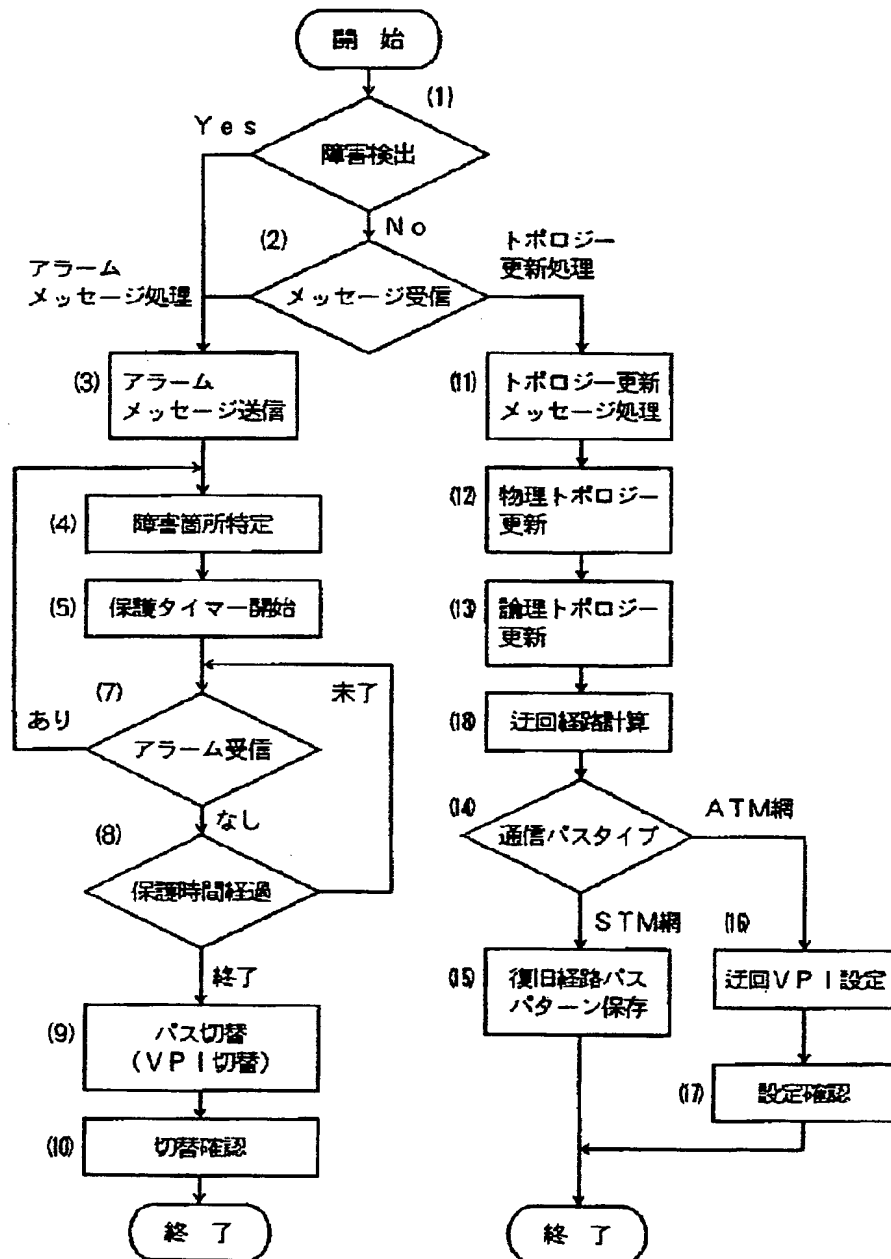
【図7】

図6に示す通信ノードの動作を示すフローチャート（その1）



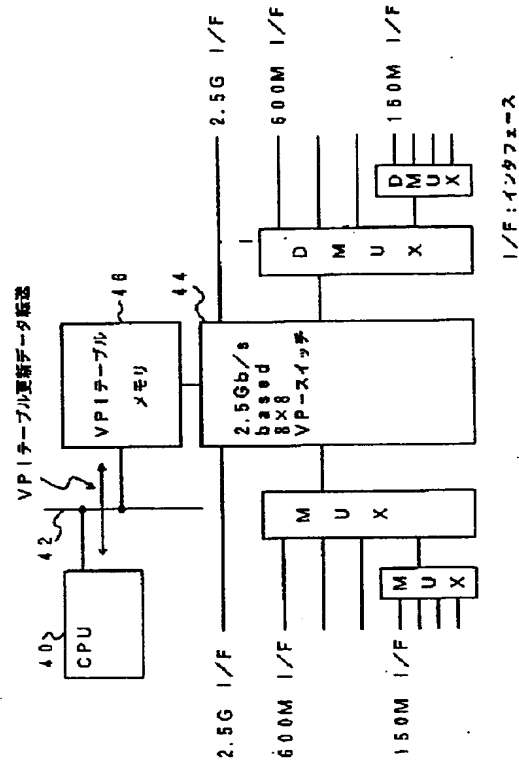
【図8】

図6に示す通信ノードの動作を示すフローチャート（その2）



【図9】

本発明を用いたATMノードの構成を示すブロック図



フロントページの続き

(72)発明者 東 充宏  
神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地  
富士通株式会社内

(72)発明者 ハイム コブリンスキー  
アメリカ合衆国、ニュージャージー州、  
07722, コルツ ネック, シーダ ドライ  
ブ 70番地  
(72)発明者 ソン ホー ウー  
アメリカ合衆国、ニュージャージー州、  
07726, イングリッシュタウン, クレスト  
ドライブ 10番地